

УДК 621.43.062

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ РАБОТЫ КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА ВЫХЛОПНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

И.Ю. Сараева, доцент, к.т.н., А.А. Глухов, студент, ХНАДУ

Аннотация. Рассмотрены конструкция каталитического нейтрализатора, целевое назначение датчиков кислорода в выхлопной системе автомобиля и диагностика состояния работы лямбда-зонд с применением диагностического оборудования и системным тестером «BOSCH».

Ключевые слова: каталитический нейтрализатор, сажевый фильтр, лямбда-зонд, диагностика, идентификация, фактические параметры.

ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ РОБОТИ КАТАЛІТИЧНОГО НЕЙТРАЛІЗАТОРА ВИХЛОПНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ

І.Ю. Сараєва, доцент, к.т.н., А.О. Глухов, студент, ХНАДУ

Анотація. Розглянуто конструкцію каталітичного нейтралізатора, цільове призначення датчиків кисню у вихлопній системі автомобіля та діагностування стану роботи лямбда-зонд із застосуванням діагностичного обладнання і системним тестером «BOSCH».

Ключові слова: каталітичний нейтралізатор, сажевий фільтр, лямбда-зонд, діагностика, ідентифікація, фактичні параметри.

DIAGNOSTICS OF THE CONDITION OF WORK OF A CATALYTIC NEUTRALIZER OF A CAR EXHAUST SYSTEM

I. Saraieva, Associate Professor, Candidate of Technical Science,
A. Glukhov, student, KhNAHU

Abstract. The design of a catalytic neutralizer, a special-purpose designation of gauges of oxygen in the exhaust system of a car and diagnostics of condition of lambda probe work, with application of the diagnostic equipment and «BOSCH» KTS 520 system tester is considered.

Key words: catalytic neutralizer, filter, lambda probe, diagnostics, identification, actual parameters.

Введение

На протяжении нескольких лет современный автомобиль имеет обязательное экологическое оснащение – каталитический нейтрализатор. В 1975 году появилось новое устройство, называемое каталитическим преобразователем. Работа каталитического преобразователя заключается в преобразовании вредных выхлопных газов в менее вредные, прежде чем они покинут выхлопную систему автомобиля. Важное место принадлежит системам нейтрализации, способным в не-

сколько раз снизить токсичность выхлопных газов. Токсичные компоненты составляют 0,2–5 % от объема отработавших газов в зависимости от типа двигателя и режима его работы.

Всего в отработавших газах обнаружено около 280 компонентов. Вещества, содержащиеся в отработавших газах, подразделяют на две группы:

1) нетоксичные: азот, кислород, водород, водяные пары, а также диоксид углерода;

2) токсичные: оксид углерода, оксиды азота, многочисленная группа углеводородов, альдегиды, сажа. При сгорании сернистых топлив образуются неорганические газы, такие как диоксиды серы и сероводород.

Анализ публикаций

Для определения состояния каталитического нейтрализатора по диагностическим фактическим параметрам применяют специальный метод диагностирования выпускной системы автомобиля. Комплексный анализ методов технической диагностики каталитического нейтрализатора и работы датчика лямбда-зонд отображен в следующих работах: Алексеев А., Козлов М. вывели зависимость и рассмотрели изменения конструкции каталитического нейтрализатора в зависимости от экологических требований, предъявляемых к выбросам отработавших газов в автомобилестроении [1].

Голованов Л. рассмотрел назначение и конструкцию датчика лямбда-зонд [2]. В своей работе особое внимание уделил методам проверки датчика, измеряющего состав кислорода в отработавших газах.

Воробьев А. широко осветил целевое назначение каталитического нейтрализатора и его влияние на состав отработавших газов [3]. Рассмотрел основные неисправности каталитического нейтрализатора и возможные методы диагностики выхлопной системы.

В своей работе Дацик Ю. осветил вопросы диагностики датчика лямбда-зонд [4]. Подробно проанализировал значения, полученные при диагностике выхлопной системы. По результатам измерения построил графики и дал им широкое пояснение.

Цель и постановка задачи

Цель статьи – рассмотрение конструкции каталитического нейтрализатора с возможными модификациями, проверка каталитического нейтрализатора и определение методики диагностирования выпускной системы автомобиля.

Задачи: анализ конструкции каталитического нейтрализатора, методов диагностирования и их особенностей, исследование результатов диагностики.

Конструктивные особенности каталитического нейтрализатора

Постоянное повышение экологических требований к выбросам вредных веществ заставляет автопроизводителей совершенствовать системы нейтрализации. При использовании Евро-3 в методике испытаний добавили холодный пуск: измерения проводили сразу же после запуска двигателя при температуре $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. При отрицательных температурах смесь нужно сильно обогащать – количество CO и CH в выхлопных газах резко возрастает. Не успевший прогреться до рабочей температуры каталитический нейтрализатор практически бездействует.

Для решения экологической проблемы было найдено несколько способов. Первый, сравнительно простой – расположить нейтрализатор не под днищем автомобиля, а поближе к выпускному коллектору. Так появились каталитические коллекторы, в которых два узла объединены в один. Для более быстрого прогрева их изготавливают не из чугуна, а из тонкой стали. Чтобы уменьшить потери тепла, предусматривается теплоизоляция.

Ускорить прогрев нейтрализатора можно и другим способом – добавить в выхлопные газы воздух с одновременным обогащением топлива. Таким образом, «лишняя» горючая смесь, догорая вне цилиндра, повышает температуру отработанных газов, а они, в свою очередь, быстрее нагревают нейтрализатор. В двигателях с непосредственным впрыском добиваются того же эффекта путем подачи дополнительной порции бензина во время рабочего хода. Есть и третий способ – разогрев нейтрализатора электрическим термoelementом.

Повысить точность работы системы нейтрализации удалось добавлением второго датчика кислорода. Первый предназначен для контроля качества смеси – богатая она или бедная, а по показаниям второго контроллер более точно корректирует работу системы топливоподачи.

Произошли изменения в материале изготовления сот нейтрализатора. Ранее их изготавливали из керамики. Но она имеет ряд недостатков: из-за своей хрупкости не переносит тряски и ударов, быстро разрушается некачественным топливом или в случае нарушений

в работе электронной системы управления двигателем (ЭСУД). В настоящее время применяют соты из металлической проволоки. Они медленнее прогреваются и имеют меньшую рабочую поверхность, но переносят механические воздействия и высокие температуры. Важной особенностью металлических сот является меньшее сопротивление потоку выхлопных газов.

Наряду с этим возникла проблема для современных двигателей с непосредственным впрыском, которые способны работать на бедных смесях. При этом достигается заметная экономия топлива, однако количество оксидов азота в выхлопных газах также значительно возрастает. Серийный нейтрализатор не способен это устранить. Поэтому в выпускную систему дополнительно вводится NO-накопитель. Конструктивно он не отличается от обычного нейтрализатора, за исключением веществ, которыми покрываются его соты. Оксиды калия, стронция, циркония, кальция, лантана, бария задерживают оксиды азота. Периодически рабочая смесь обогащается, и накопленные вредные вещества выжигаются, разлагаясь при этом на азот и углекислый газ. Расположен накопитель после нейтрализатора, так как для его работы нужна более низкая температура (около 400 °С).

В дизельных двигателях целесообразно снижать содержание углеводов, оксидов азота и сажи (твердых частиц). В первых конструкциях накопившуюся сажу периодически выжигали при температуре около 600 °С, кратковременно обогащая смесь. Но при этом увеличивался выброс других вредных веществ. Поэтому в современных конструкциях сажевый фильтр объединили с окислительным нейтрализатором, что позволило сжигать сажу при температуре 250 °С.

Для очистки выхлопа грузовых автомобилей дополнительно применяют технологию SCR (Selective Catalytic Reduction). Её суть – периодический впрыск в нейтрализатор раствора мочевины (AdBlue). Там мочевина превращается в аммиак и вступает в реакцию с оксидами азота. В результате образуются безвредные азот и вода.

Чтобы снизить вредные выбросы при пуске холодного двигателя, применяют встроенный в катализатор адсорбер углеводов. При достижении рабочей температуры отработанные газы окисляются катализатором.

Методы диагностирования выхлопной системы

Существует три вида протокола по диагностированию: OBD-I, OBD-II и Японский протокол.

1. OBD-I, протокол первого поколения. К нему относятся следующие показатели системы:

- сигнальная лампа неисправности (MIL);
- коды неисправности (DTC);
- основные датчики;
- дозирование топлива;
- система рециркуляции отработавших газов двигателя (EGR);
- цепи, проверяемые на наличие обрыва и короткого замыкания.

2. OBD-II, протокол второго поколения. К нему относятся такие показатели:

- постоянная проверка работоспособности систем;
- расширенная диагностика кислородного датчика;
- расширенная диагностика коррекции подачи топлива;
- определение пропусков зажигания;
- проверка производительности каталитического нейтрализатора;
- проверка системы рециркуляции отработавших газов двигателя (EGR);
- проверка работы термостата;
- коды неисправности (DTC);
- поток последовательной передачи данных;
- проверка системы управления паров топлива;
- проверка вспомогательной системы подачи воздуха;
- усовершенствованные условия включения сигнальной лампы неисправности (MIL);
- диагностический разъем;
- система кондиционирования;
- система принудительной вентиляции картера;
- проверка дополнительных элементов.

3. Японский протокол по диагностике систем управления мотором и автомобилем имеет более жесткое требование. Основные системы, которые относятся к Японскому протоколу:

- коды неисправности DTC;
- поток последовательной передачи данных;
- расширенная диагностика кислородного датчика;
- расширенная диагностика коррекции подачи топлива;

- проверка системы EGR;
- проверка других элементов.

Для эффективной работы необходим контроль состава горючей смеси. Он должен быть равным стехиометрическому коэффициенту (14,5–14,7). Если горючая смесь будет богаче, то упадет эффективность нейтрализации CO и CH, если беднее, – NO_x.

Для контроля состава горючей смеси используют датчик кислорода (лямбда-зонд), который устанавливают в выпускном коллекторе таким образом, чтобы выхлопные газы обтекали рабочую поверхность датчика. Датчик представляет собой гальванический источник тока, изменяющий напряжение в зависимости от температуры и наличия кислорода в выхлопной трубе. Материал его, как правило, – керамический элемент на основе двуокиси циркония, покрытый платиной. Конструкция его предполагает, что одна часть соединяется с наружным воздухом, а другая – с выхлопными газами внутри трубы [3].

В зависимости от концентрации кислорода в выхлопных газах на выходе датчика появляется сигнал. Уровень этого сигнала может быть низким (0,1–0,2 В) или высоким (0,8–0,9 В). Существуют также датчики, уровень сигнала которых на выходе изменяется от 0,1 до 4,9 [4].

При проверке производительности каталитического нейтрализатора сравнивают данные кислородного датчика до (S1) и после (S2) каталитического нейтрализатора. Сравнение проводят по содержанию кислорода в цепи и драгоценных металлов в тонком покрытии. В нормальном состоянии, при замкнутом контуре управления, в высокопроизводительных нейтрализаторах содержится достаточно кислорода.

В результате этого по сравнению с частотой и амплитудой колебаний напряжения переднего подогреваемого кислородного датчика частота и амплитуда колебаний напряжения заднего подогреваемого кислородного датчика снижаются.

По мере ухудшения производительности каталитического нейтрализатора в результате перегрева и разрушения вследствие химических реакций в нем снижается количество кислорода. Напряжение заднего кислородно-

го датчика начинает колебаться с большей частотой и амплитудой, значения которых приближаются к значениям переднего датчика.

Избыток воздуха в смеси измеряется весьма оригинальным способом – путем определения в выпускных газах содержания остаточного кислорода (O₂). Поэтому лямбда-зонд и расположен в выпускном коллекторе перед катализатором. На некоторых современных моделях автомобилей имеется еще один лямбда-зонд. Находится он на выходе катализатора. Этим достигается большая точность приготовления смеси и контролируется эффективность работы катализатора (рис. 1).

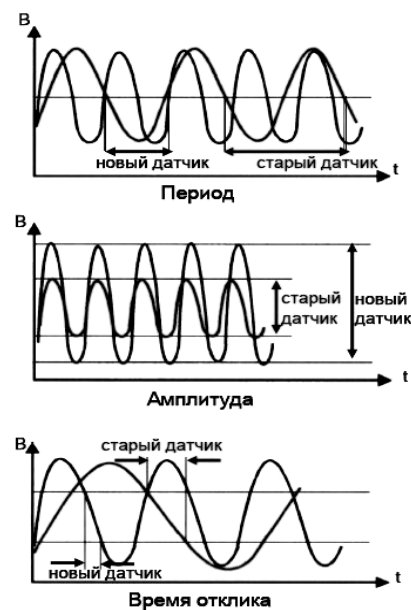


Рис. 1. Показание датчиков кислорода

Для вычисления количества кислорода в каталитическом нейтрализаторе при проверке рассчитывают частоту колебаний напряжения переднего и заднего кислородных датчиков при частично открытой дроссельной заслонке, замкнутом контуре управления топливной системой после прогрева двигателя и при допустимой температуре нейтрализатора. Степень колебаний определяется делением общего числа колебаний заднего кислородного датчика на число колебаний переднего датчика.

Степень колебаний, близкая к нулю, указывает на большое количество кислорода в нейтрализаторе и, следовательно, его высокую углеводородную производительность. Степень колебаний, близкая к единице, указывает на малое количество кислорода в нейтрализаторе и, следовательно, его низкую

углеводородную производительность. Если фактическая степень колебаний превосходит заданную, каталитический нейтрализатор считается неисправным. Если проверка нейтрализатора не завершается во время поездки, рассчитанные данные хранятся в энергонезависимом ОЗУ и используются для проверки каталитического нейтрализатора при следующей проверке, даже если она является короткой.

Проверку производительности каталитического нейтрализатора выполняют в два этапа: 1. Отрицательные результаты проверки на первом этапе указывают на необходимость дальнейшей проверки. 2. На втором этапе анализируют сигналы переднего (рис. 2) и заднего (рис. 3) кислородных датчиков и только после этого определяют состояние каталитического нейтрализатора.

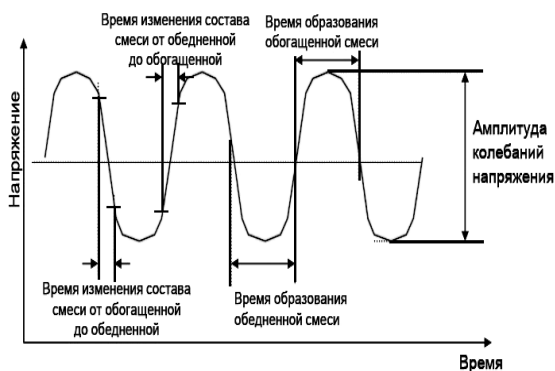


Рис. 2. Проверка переднего кислородного датчика (S1)

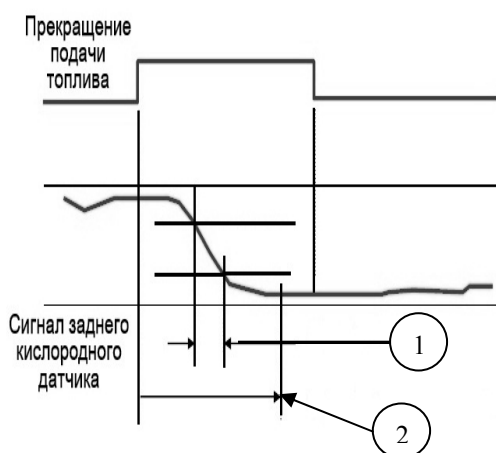


Рис. 3. Проверка заднего кислородного датчика (S2): 1 — время отклика заднего кислородного датчика; 2 — уровень напряжения заднего кислородного датчика через определенный промежуток времени

Такой тщательный анализ сигналов позволяет повысить точность определения производительности нейтрализатора. Отрицательный результат проверки на первом этапе не указывает на неисправность каталитического нейтрализатора.

Каталитический нейтрализатор может быть работоспособным и в то же время находиться на грани работоспособности, или, в противном случае, из-за применения несертифицированного топлива может содержаться много серы (рис. 4 и 5).

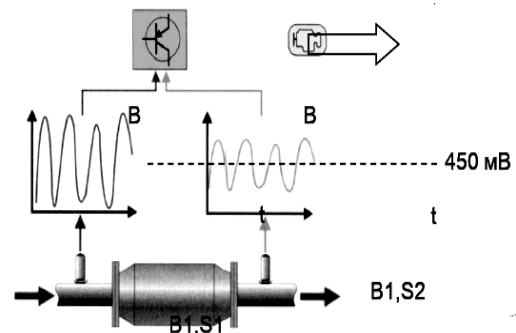


Рис. 4. Загрязненный каталитический нейтрализатор

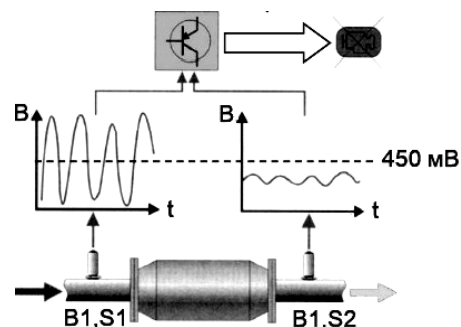


Рис. 5. Рабочее состояние каталитического нейтрализатора

Датчик кислорода сообщает контроллеру впрыска о концентрации кислорода в отработавших газах. Контроллер принимает сигнал с лямбда-зонда, сравнивает его со значением, прошитым в его памяти, и, если сигнал отличается от оптимального для текущего режима, корректирует длительность впрыска топлива в ту или иную сторону. Таким образом, осуществляется обратная связь с контроллером впрыска и точная подстройка режимов работы двигателя под текущую ситуацию с достижением максимальной экономии топлива и минимизацией вредных выбросов.

При работоспособном состоянии датчиков лямбда-зонда или каталитического нейтрали-

затора на сигнальную лампу питание не будет подаваться.

Ресурс датчика содержания кислорода составляет 50–100 тыс. км и в значительной степени зависит от условий эксплуатации, качества топлива и состояния двигателя. Повышенный расход масла, переобогащенная смесь и неправильно отрегулированный угол опережения зажигания сокращают ресурс лямбда-зонда.

В современных автомобилях, сертифицированных действующим стандартом защиты окружающей среды, особое место занимают неисправности катализатора, которые определяются самим блоком управления двигателем. При обнаружении такой неисправности блок управления включает индикатор неисправности и в память записываются коды P0420 и/или P0430.

Ошибки, фиксируемые ЭБУ, имеют пятизначный код. Каждый знак в ошибке определяет характер возникновения и систему, в которой возникла ошибка. В качестве примера приведена ошибка P0440 выпускной системы автомобиля (рис. 6).

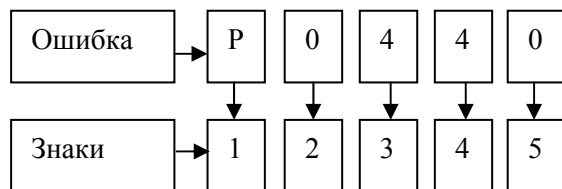


Рис. 6. Расшифровка ошибки по знакам

Знак 1:

- P – силовая передача;
- B – кузов;
- C – шасси;
- U – не определено.

Знак 2:

- 0 – код стандарта SAE/ISO;
- 1 – код изготовителя;
- 2 – код стандарта SAE/ISO.

Знак 3:

- 0 – вся система;
- 1 – вспомогательная система подачи воздуха / приготовление смеси;
- 2 – топливная система;
- 3 – система зажигания;
- 4 – дополнительный контроль токсичности выпускных газов;

- 5 – круиз-контроль / система управления оборотами холостого хода;
 - 6 – входной / выходной сигнал, блоки управления;
 - 7 – коробка передач / трансмиссия.
- Знаки 4 и 5 относятся к серийному номеру автомобиля.

При возобновлении ошибки блок управления опрашивает датчики при запуске двигателя или при тех параметрах, когда возникла ошибка. В случае, если неисправность не была устранена, а ошибка удалена из памяти, то неисправность вновь зафиксируется в памяти ЭБУ. Для устранения такой неисправности следует провести полную диагностику с анализом и выбором параметров.

Проверку состояния работы лямбда-зонда с помощью диагностического оборудования и программного обеспечения фирмы BOSCH осуществляют в такой последовательности:

- 1) подключить оборудование к электронному блоку управления;
- 2) идентифицировать диагностируемый автомобиль с помощью программного обеспечения и базы данных;
- 3) выбрать соответствующий вид проверки;
- 4) определить перечень фактических параметров, подлежащих проверке (не более четырех).

При определении фактических параметров следует выбирать параметры, по которым в процессе проверки можно будет оценить работу диагностируемой системы (рис. 7).

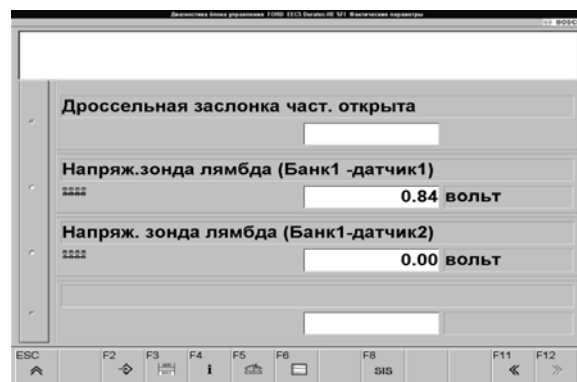


Рис. 7. Перечень фактических параметров измерения

Данная проверка проводится при разных режимах работы двигателя и позволяет отобразить минимальные и максимальные значения параметров и получать графические зависимости (рис. 8).

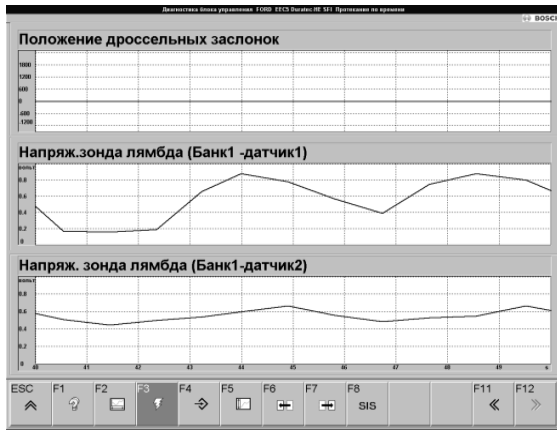


Рис. 8. Отображение полученных данных в графическом виде

Данные графики были получены путем замера напряжения на лямбда-зондах автомобиля FORD MONDEO.

Контроль токсичности выхлопа отработавших газов осуществляется с использованием системного тестера FSA 740 фирмы BOSCH. В ходе работы тестера показатели изменялись в зависимости от температуры двигателя и нагрузочного режима, что существенно увеличивает достоверность полученных значений (рис. 9).

| SKODA / OCTAVIA I ->04 / AGU / MOTRONIC M3 8 3 / EFS-NWG | | | | |
|--|---------|------|----------|-----------|
| | | Фак | Зад. мин | Зад. макс |
| Частота вращения | /мин | 880 | 800 | 920 |
| Температура масла | °C | 64 | 80 | 120 |
| CO | %об. | 0,59 | ---- | 0,50 |
| CO2 | %об. | 14,1 | 12,0 | ---- |
| HC | ppm vol | 219 | ---- | 100 |
| O2 | %об. | 2,4 | ---- | 0,5 |
| Лямбда | | 1,09 | 0,97 | 1,03 |
| NO | ppm vol | ---- | ---- | ---- |

Рис. 9. Результаты диагностирования

Выводы

1. Рассмотрены конструктивные особенности каталитического нейтрализатора и их разновидности.
2. Приведена ошибка выпускной системы, что дало возможность подробно рассмотреть входящие коды, параметры, которые упрощают процесс нахождения неисправности и указывают на неисправную систему.
3. Опытным путем были получены значения, которые позволили определить, в каком состоянии находится датчик лямбда-зонд. Приведены рабочая и нерабочая характеристики датчика лямбда-зонда.

Литература

1. Козлов М. Хит вторичного рынка / М. Козлов // Купи авто. – 2008. – №23. – С. 60–66.
2. Голованов Л. Грузовики и автобусы / Л. Голованов // Авторевю. – 2008. – №1. – С. 50–57.
3. Воробьев А. Освежить дыхание / А. Воробьев // За рулем. – 2010. – №12. – С. 4.
4. Артурян Д. Дизельный лямбда-зонд / Д. Артурян // За рулем. – 2008. – №7. – С. 107–172.

Рецензент: В.П. Волков, профессор, д. т. н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 16 мая 2012 г.